



TITLE:

Stability and Robustness of Control Planes in OpenFlow Networks(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Kotani, Daisuke

CITATION:

Kotani, Daisuke. Stability and Robustness of Control Planes in OpenFlow Networks. 京都大学, 2016, 博士(情報学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19847>

RIGHT:

(続紙 1)

京都大学	博士（情報学）	氏名	小谷 大祐
論文題目	Stability and Robustness of Control Planes in OpenFlow Networks (OpenFlowネットワークにおけるコントロールプレーンの安定性と頑健性)		
(論文内容の要旨)			
<p>将来のコンピュータネットワークでは、必要な制御機能を迅速に実装し展開できる柔軟性が求められる一方、機器や回線の故障、負荷の増加に強い安定性と、予期しないトラフィックがあっても重大な障害が起きない頑健性も、これまで以上に必要である。近年、単一の管理者によって管理されるネットワークを対象として、パケットの転送制御機能をスイッチ等のネットワーク機器から分離しコントローラにより集中制御することで柔軟性を高めるアーキテクチャであるSoftware Defined Networking (SDN) が提案されている。本論文では、SDNとそれを実現するOpenFlowプロトコルを採用したネットワークにおいて、安定性と頑健性を高める手法を述べたものであり、全6章から構成されている。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的および全体の構成と各章の概要について述べている。</p> <p>第2章では、本研究の前提となるSDNおよびOpenFlowについて説明し、OpenFlowネットワークを構成する要素とその安定性と頑健性に関わる課題、および課題に対する先行研究の位置付けについて概観している。</p> <p>第3章では、OpenFlowコントローラにおけるマルチキャスト制御の処理について述べている。障害発生時のパケットロスを少なくし、かつ頻繁な受信者の変更に対応できるコントローラの制御手法として、事前に受信者が接続される可能性のある全てのOpenFlowスイッチをカバーする木を計算して保存しておき、実際に受信者が存在するスイッチにのみパケットを配送するようスイッチにルールを設定すること、並びに、事前に複数の冗長な木をスイッチに設定しておき、障害発生時には送信者に近いスイッチでパケットの配送に利用する木を変更することを提案している。提案手法を実装したコントローラおよびハードウェアスイッチを用いた評価により、コントローラが短い時間で受信者の変更や障害時の処理を行えること、および、障害発生時のパケットロスが発生する時間が短縮されることを示している。</p> <p>第4章では、スイッチとコントローラのための通信の障害検知について論じている。スイッチとコントローラの間でネットワークにおいて発生したイベントの通知ができず、コントローラからの制御が難しい状態が長時間続くことを避けるため、コントローラでは、複数のコントローラがスイッチから受け取った通知の差異を用いてスイッチとの通信の障害の検知を行うこと、スイッチでは重要な通知を送信した直後に障害検知の処理を行うことを提案している。従来のOpenFlowの障害検知手法では検知に時間がかかる場合でも検知の遅延が大幅に短縮できていることを評価実験により確認している。</p> <p>第5章では、スイッチが自身の持つパケット転送ルールに一致しないパケットを受信した場合にそのパケットをコントローラに通知するOpenFlowの機構について論じている。コントローラに通知されるべきパケットを予期せず大量に受信したスイッチはCPUが過負荷になってしまい、かつ、予期しない大量のパケット以外のパケットも廃棄されてしまい制御に悪影響を及ぼす問題がある。これに対し、パケットのヘッダの値をスイッチが一時的に記録し、新しくパケットを通知する際にはパケットのヘッダの値が過去に記録されたものと一致するかどうかを確認することで、パケットがコントローラにとって重要かどうかを識別できるようにする機構を提案している。これにより、重要性が低いと判定されたパケットのみに対して流量制限などの制限を加えることで、スイッチの過負荷を抑え、かつコントローラにとって重要性の高いパケット</p>			

を確実にコントローラに通知することができる。提案機構をソフトウェアスイッチに実装し負荷試験などを行うことで有効性を示している。

第6章では、本論文の目的と提案手法のまとめを行い、今後の方向性について述べている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、OpenFlowを用いてスイッチとコントローラを分離することでネットワークの制御を柔軟に行えるようにしたネットワークにおいて、従来のネットワークでも必要とされている安定性と頑健性を強化する手法について述べている。本論文の特徴的な点は以下の通りである。

(1) マルチキャストが広域ネットワークだけではなく企業や大学のネットワークでも活用される時代を見据え、障害時のパケットのロスや頻繁な受信者の変更に対応できる処理手法を、ハードウェアスイッチの制約を考慮しつつ、OpenFlowを用いてコントローラの負荷を抑えながら実現する方法を提案している。提案手法は配信木の計算アルゴリズムなどのマルチキャストに関する先行研究が活かせるように設計されている。また、実際に利用可能なプロトタイプコントローラを実装し、評価を行っている。

(2) コントローラとスイッチの間の通信の障害検知の重要性を現実のネットワークの構成を元に指摘し、従来の定期的な死活監視では検知に時間がかかってしまうような場合に対しても迅速に検知できる手法を提案している。複数のコントローラの連携によって検知を行なう点が特徴的である。また、プロトタイプシステムを、コントローラとスイッチの間の通信に対して透過的に用いることができるProxy型として実装し、既存のシステムに組み込んで利用できるよう配慮している点も評価できる。

(3) 予期しない大量のトラフィックからスイッチの制御部を保護する問題については、OpenFlowによる制御の柔軟性を失わないように、かつ重要なパケットとその他のパケットを分類して後者に対して制限を加えることができる手法が提案されている。評価はソフトウェアスイッチに実装し様々な観点から性能を計測することで行なわれているが、提案手法自体はOpenFlowや従来のネットワーク機器と親和性が高いものであり、ハードウェアスイッチへも容易に実装できる可能性を示している。

このように本研究は、OpenFlowを用いたネットワークの制御に関して、柔軟性だけではなく安定性、頑健性の点から考察するとともに、安定性、頑健性の点から重要な課題を解決する手法を実際に利用可能な形で実装しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値があるものと認める。

また、平成28年2月24日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。
更に、試問の結果の要旨（例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」）を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降